

EVALUASI PEMBEBANAN KERETA API LOKOMOTIF GANDA YANG BEROPERASI DI INDONESIA TERHADAP RENCANA MUATAN 1921

Ian Alfian¹⁾, Indah Sulistyowati²⁾

¹⁾Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti

²⁾Dosen Program Studi S1 dan Magister Teknik Sipil, Fakultas Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti

E-mail: ian.alfv@gmail.com; indahusakti@yahoo.com

Abstrak

Dalam perencanaan jembatan rel kereta api salah satu beban yang ditinjau yaitu beban hidup yang diakibatkan oleh beban gandar lokomotif. Untuk beban gandar digunakan skema rencana muatan 1921 (RM 1921). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan beban lokomotif ganda yang beroperasi di Indonesia dengan RM 1921 yang menjadi dasar dalam perencanaan. Penelitian ini menggunakan variabel terikat yaitu RM 1921 dan variabel bebas yaitu beban gandar lokomotif ganda BB dan CC. Metode garis pengaruh digunakan untuk menganalisis setiap variabel dengan panjang jembatan rel yang ditinjau yaitu 45 meter. Dari hasil perbandingan gaya momen yang terjadi antara RM 1921 dengan lokomotif BB dan CC, dapat diketahui bahwa lokomotif ganda yang memiliki persentase gaya momen maksimum terdekat dengan yang ditimbulkan oleh RM 1921 yaitu lokomotif BB 201 dengan selisih 20,03% dan lokomotif CC 202 serta CC 205 dengan selisih 6,71%. Karena gaya momen yang diakibatkan oleh lokomotif ganda aktual masih lebih kecil daripada nilai yang dihasilkan oleh RM 1921, maka skema RM 1921 masih relevan untuk digunakan sebagai salah satu pedoman perencanaan.

Kata kunci: *Rencana Muatan 1921, Lokomotif Ganda, Momen*

Pendahuluan

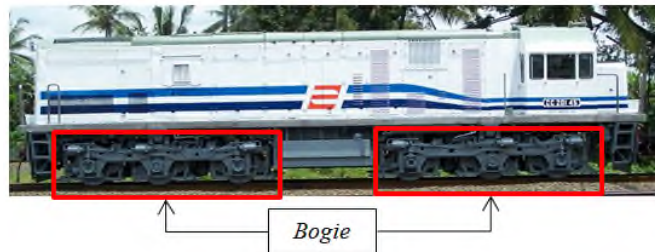
Moda transportasi kereta api belakangan ini menjadi salah satu moda transportasi darat yang cukup diminati dan dianggap penting keberadaannya, dikarenakan kereta api dapat memindahkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan jalurnya sendiri berupa jalan rel. Salah satu infrastruktur pendukung moda transportasi kereta api adalah jembatan rel. Sistem jembatan rel kereta salah satunya harus memenuhi syarat terhadap beban hidup jembatan. Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan jembatan rel kereta api adalah beban gandar dari skema Rencana Muatan (RM) 1921 yang terdapat di dalam PM 60 tahun 2012.

Skema RM 1921 sebagai dasar perencanaan beban gandar lokomotif kereta api sejak disusun sampai dengan saat ini belum pernah direvisi. Sedangkan dalam perkembangannya, sarana perkeretaapian berupa lokomotif kereta api mengalami beberapa pengembangan desain atau modifikasi. Karena dalam hal pembangunan prasarana perkeretaapian, digunakan standar perencanaan yang sudah seharusnya sesuai dengan sarana yang ada. Sehingga tujuan dilakukannya kegiatan penelitian adalah untuk mengetahui perbandingan beban lokomotif kereta api yang digunakan pada saat ini di Indonesia dengan penerapan RM 1921 yang menjadi dasar dalam tahap perencanaan.

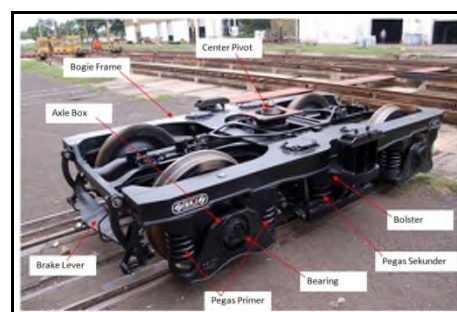
Studi Pustaka

Dalam perencanaan sistem jembatan rel kereta, terdapat beberapa syarat perhitungan beban gandar yang harus dipenuhi yang antara lain beban mati, beban hidup, beban kejut, beban horizontal, beban angin, beban gempa, dan kombinasi pembebanan. Yang akan dievaluasi yaitu beban hidup yang diakibatkan oleh beban gandar lokomotif ganda kereta api dengan beban hidup rencana dari RM 1921 dengan menggunakan bentang jembatan 45 meter.

Konfigurasi roda lokomotif dibedakan menurut penggunaan jumlah gandarnya. *Bogie* merupakan suatu kesatuan konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak (traksi motor atau gear box) dan *slip protection device*, serta berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta.



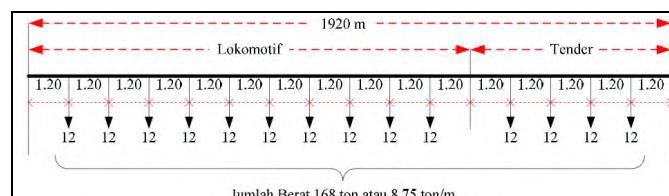
Gambar 1 *Bogie* Pada Lokomotif



Gambar 2 Bagian-Bagian Pada *Bogie*

Lokomotif BB berarti beban bertumpu oleh 2 *bogie* yang masing-masing *bogie* terdiri dari 2 gandar. Satu gandar pada lokomotif BB terdiri dari 2 roda yang saling tersambung. Lokomotif CC memiliki 2 *bogie* yang terdiri dari masing-masing 3 gandar dan setiap gandarnya memiliki 3 roda. Pembagian beban lokomotif menjadi beban gandar (*axle load*) akan didistribusikan sesuai dengan susunan *bogie* dan jumlah gandarnya.

Untuk beban gandar lebih besar dari 18 ton, rencana muatan disesuaikan dengan kebutuhan tekanan gandar. Berikut merupakan skema pembebanan RM 1921 yang digunakan sebagai pembandingan terhadap beban gandar lokomotif ganda aktual (gambar 3).



Gambar 3 Skema Rencana Muatan Gerak Terdiri Dari Dua Lokomotif dan Tender

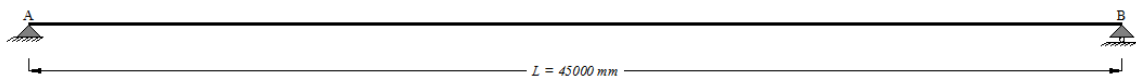
Garis pengaruh adalah suatu grafik yang menunjukkan besarnya pengaruh dari satu satuan muatan (1 ton, 1 kg, 1 kN, atau satu satuan muatan lainnya) untuk setiap perubahan kedudukan dari muatan tersebut pada suatu konstruksi. Konstruksi jembatan pada khususnya mendukung beban yang bergerak. Kedudukan beban tersebut selalu berubah-ubah, sehingga pengaruhnya pada setiap titik konstruksi akan selalu berubah-ubah.

Metodologi Penelitian

Dalam penelitian menggunakan 2 variabel yaitu variabel terikat (dependen) dan variabel bebas (independen). Variabel terikat terdiri dari skema pembebanan dari RM 1921 sedangkan variabel bebas terdiri dari beban gandar lokomotif ganda BB dan CC. Dimana variabel tersebut akan dibandingkan besaran gaya momen dengan menggunakan metode perhitungan garis pengaruh pada jembatan rel bentang 45 meter.

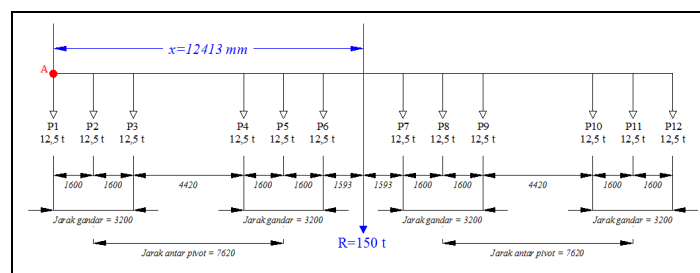
Hasil dan Pembahasan

Variabel bebas terdiri dari lokomotif BB dan CC yang terdiri dari : BB 200, BB 201, BB 202, BB 203, BB 204, BB 300, BB 301, BB 302, BB 303, BB 304, BB 305, BB 306, CC 200, CC 201, CC 202, CC 203, CC 204, CC 205 dan CC 300. Dalam menganalisis data, digunakan salah satu sampel dari variabel lokomotif BB yaitu beban gandar lokomotif BB 200. Metode analisis data ini juga diterapkan pada setiap sampel variabel.



Gambar 4 Bentang Jembatan 45 Meter Menggunakan 2 Tumpuan

Setiap beban gandar baik beban skema RM 1921 dan beban gandar lokomotif ganda BB dan CC, dihitung nilai momen maksimum pada jembatan rel dengan bentang 45 meter. Sebelumnya diperhitungkan dulu resultan gaya dari beban lokomotif, dimana diambil sampel yaitu lokomotif BB 200.



Gambar 5 Besaran Dan Letak Resultan Lokomotif Ganda BB 200

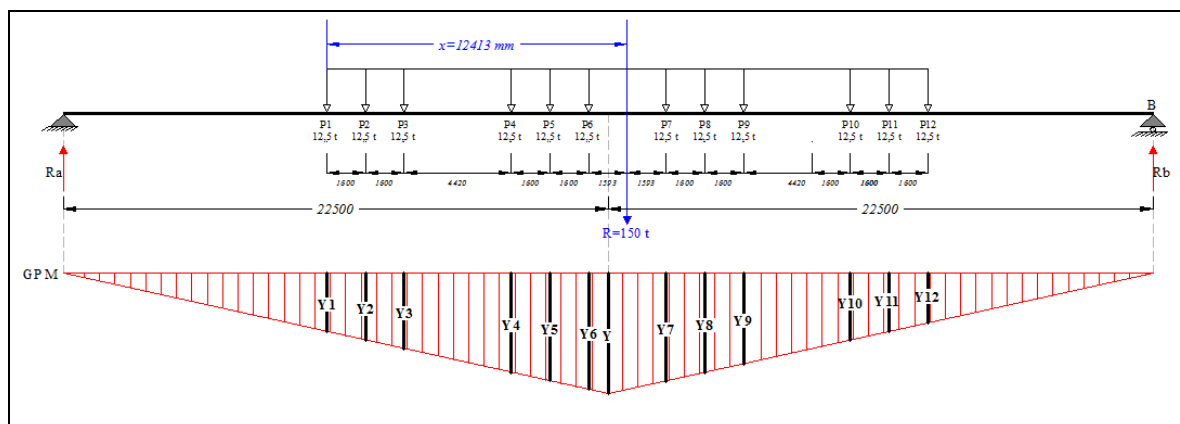
Tabel 1 Beban-Beban Yang Bekerja Pada Lokomotif Ganda BB 200

No. Beban	Beban P (ton) (a)	Jarak Antar Beban Ln (m) (b)	Jarak ke titik A La (m) (c)	P.La (ton.m) (d)=(a).(c)
		1,593		
P1	12,5		1,600	20,000
P2	12,5	1,600	3,200	40,000
P3	12,5	1,600	7,620	95,250
P4	12,5	4,420	9,220	115,250
P5	12,5	1,600	10,820	135,250
P6	12,5	1,600	14,006	175,075
P7	12,5	3,186	15,606	195,075
		1,600		

No. Beban	Beban P (ton) (a)	Jarak Antar Beban Ln (m) (b)	Jarak ke titik A La (m) (c)	P.La (ton.m) (d)=(a).(c)
P8	12,5		17,206	215,075
		1,600		
P9	12,5		21,626	270,325
		4,420		
P10	12,5		23,226	290,325
		1,600		
P11	12,5		24,826	310,325
		1,600		
P12	12,5			
		1,593		
Total	150	28,012		1861,950

$$x = \frac{P \cdot L_A}{R} = \frac{1861,950}{150} = 12,413 \text{ m} \quad (1)$$

Untuk mendapatkan posisi momen maksimum dengan garis pengaruh, maka y berada di tengah-tengah antara resultan gaya (R) dan beban gandar terdekat dari R yaitu diambil beban gandar P6 (gambar 6)



Gambar 6 Posisi Maksimum Beban Gandar Lokomotif Ganda BB 200 Pada Jembatan Bentang 45 Meter

$$y = \frac{\left(\frac{L}{2} - \frac{L}{2}\right)}{L} = \frac{(22,5 - 22,5)}{45} = 11,25 \quad (2)$$

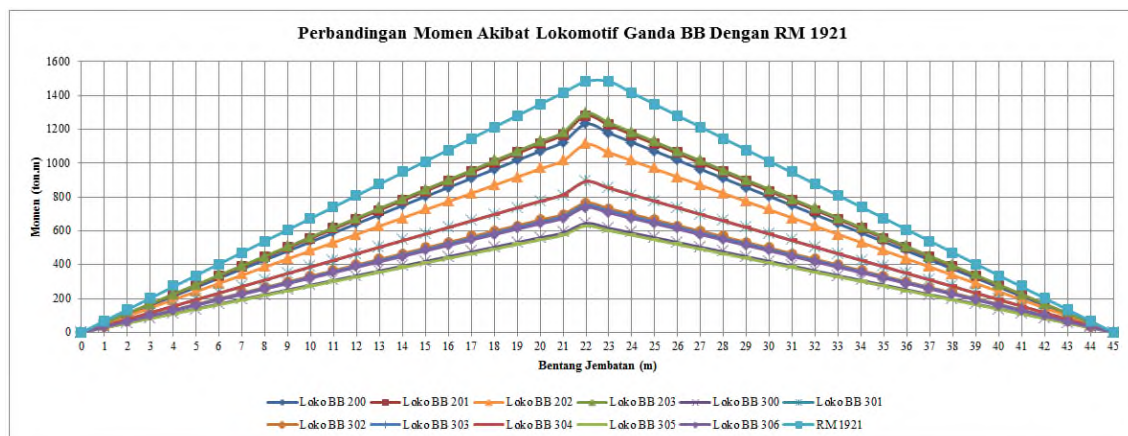
$$y_6 = \frac{(y \cdot l_6)}{L/2} = \frac{(11,25 \cdot 21,704)}{22,5} = 10,85 \quad (3)$$

$$GP M_6 = P \cdot y_6 = 12,5 \cdot 10,85 = 135,65 \quad (4)$$

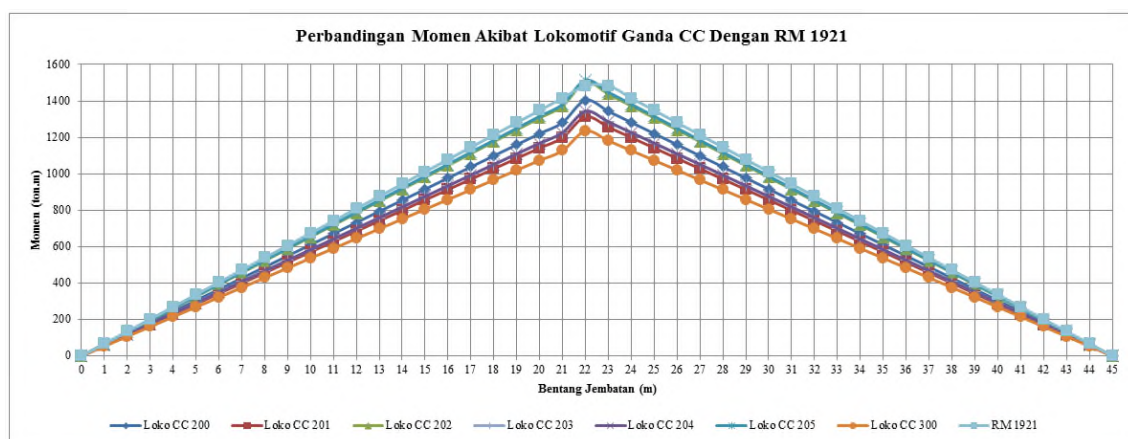
Tabel 2 Analisis Perhitungan Momen Pada Sampel Lokomotif Ganda BB 200

No. Beban	P (ton)	L/2 (m)	y (m)	ln (m)	yn (m)	M.GP (ton.m)	M.Titik (ton.m)
	a	b	$c=(b*y)/45$	d	$e=(c*d)/b$	$f=a*e$	$g=(\sum M.GP*e)/y_{n.max}$
P1	12,5	22,5	11,25	10,884	5,442	68,022	582,838
P2	12,5	22,5	11,25	12,484	6,242	78,022	668,522
P3	12,5	22,5	11,25	14,084	7,042	88,022	754,206
P4	12,5	22,5	11,25	18,504	9,252	115,647	990,907
P5	12,5	22,5	11,25	20,104	10,052	125,647	1076,591
P6	12,5	22,5	11,25	21,704	10,852	135,647	1162,275
P7	12,5	22,5	11,25	20,111	10,055	125,691	1076,966
P8	12,5	22,5	11,25	18,511	9,255	115,691	991,282
P9	12,5	22,5	11,25	16,911	8,455	105,691	905,598
P10	12,5	22,5	11,25	12,491	6,245	78,066	668,897
P11	12,5	22,5	11,25	10,891	5,445	68,066	583,213
P12	12,5	22,5	11,25	9,291	4,645	58,066	497,529
Total	150					1162,275	

Dengan menggunakan metode analisis seperti di atas, maka didapatkan hasil diagram momen (gambar 7 dan gambar 8) untuk setiap variabelnya. Baik perbandingan variabel RM 1921 terhadap variabel lokomotif BB maupun perbandingan variabel RM 1921 terhadap lokomotif CC.



Gambar 7 Diagram Momen Akibat Lokomotif Ganda BB Dengan RM 1921



Gambar 8 Diagram Momen Akibat Lokomotif Ganda CC Dengan RM 1921

Tabel 3 Persentase Perbandingan Momen Maksimum Antara RM 1921 Dengan Lokomotif Ganda BB dan CC

No.	Lokomotif		RM 1921	Persentase (%)
	Jenis	Momen (ton.m)	Momen (ton.m)	
1	BB 200	1162,28	1508,40	22,95
2	BB 201	1208,77	1508,40	19,86
3	BB 202	1043,25	1508,40	30,84
4	BB 203	1206,33	1508,40	20,03
5	BB 300	595,98	1508,40	60,49
6	BB 301	822,12	1508,40	45,50
7	BB 302	708,18	1508,40	53,05
8	BB 303	699,35	1508,40	53,64
9	BB 304	822,12	1508,40	45,50
10	BB 305	592,38	1508,40	60,73
11	BB 306	705,00	1508,40	53,26
12	CC 200	1313,39	1508,40	12,93
13	CC 201	1221,23	1508,40	19,04
14	CC 202	1407,13	1508,40	6,71
15	CC 203	1251,01	1508,40	17,06
16	CC 204	1251,01	1508,40	17,06
17	CC 205	1407,13	1508,40	6,71
18	CC 300	1138,50	1508,40	24,52

Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan hasil analisis dengan meninjau terhadap 2 variabel, yang pertama variabel terikat yaitu beban dari skema Rencana Muatan 1921 dan yang kedua variabel bebas yaitu beban gandar lokomotif ganda BB dan CC, dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

- Momen maksimum yang terjadi pada lokomotif ganda BB yang paling mendekati dengan momen maksimum akibat RM 1921 yaitu pada lokomotif BB 201 dengan persentase selisih sebesar 19,86 %.
- Momen maksimum yang terjadi pada lokomotif ganda CC yang paling mendekati dengan momen maksimum akibat RM 1921 yaitu pada lokomotif CC 202 dan CC 205 dengan persentase selisih sebesar 6,71 %.
- Dari hasil perbandingan yang diperoleh bahwa nilai momen maksimum aktual yang diakibatkan oleh beban gandar lokomotif ganda BB dan CC pada jembatan rel kereta api dengan bentang 45 meter masih lebih kecil daripada nilai momen yang diakibatkan oleh skema pembebanan RM 1921.
- Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan skema pembebanan RM 1921 masih relevan untuk digunakan sebagai beban hidup dalam perencanaan jembatan rel kereta api sampai dengan saat ini.

Daftar Pustaka

- Peraturan Menteri Perhubungan PM.60 Tahun 2012, 2012, *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*, Kementerian Perhubungan, Jakarta
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian, 2011, *Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*, Kementerian Perhubungan, Jakarta
- Coenraad Esveld, 2001, *Modern Railway Track Second Edition*, Delft University of Technology, Zaltbommel

- Sri Atmaja P. Rosyidi Ph.D, 2015, *Rekayasa Jalan Kereta Api*, Lembaga Penelitian Publikasi dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (LP3M UMY), Yogyakarta
- Ir. Hartono AS. MM, 2011, *Lokomotif Dan Kereta Rel Diesel Di Indonesia*, PT. Ilalang Sakti Komunikasi, Bandung
- Tri Muspitasari, 2016, *Evaluasi Peraturan Pembebanan Gandar Kereta Api Di Pulau Jawa Terhadap Kondisi Aktual*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Trisakti, Jakarta
- Fauzi Alantia, Ridha Mahardika Permana, *Detail Engineering Design Struktur Jembatan KA Lintas Babat – Tuban*, D3 Teknik Sipil Politeknik Bandung, Bandung
- Sonia Rosma E.BR.S, I Gusti Putu Raka, Djoko Irawan, *Alternatif Perencanaan Struktur Viaduk Kereta Api Kertajaya Dengan Sistem Pelat Berongga Pratekan Menerus*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Garis Pengaruh, Statika. Diakses tanggal 20 Januari 2017 dari <http://martinsimatupang.lecture.ub.ac.id/files/2012/11/Garis-Pengaruh.pdf>